



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
ABSTRAK .....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
DAFTAR SIMBOL .....	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.4 Batasan Masalah .....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Dasar Teori.....	II-3



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.1 <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	II-3
2.3 Sistem Modeling <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	II-3
2.3.1 D/A Converter .....	II-4
2.3.2 <i>Power Amplifier</i> .....	II-5
2.3.3 <i>Ball And Coil Subsystem</i> .....	II-5
2.3.4 Sensor Posisi .....	II-7
2.3.5 A/D Converter .....	II-7
2.4 Model Matematika <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	II-8
2.4.1 <i>Magnetic Levitation Ball</i> Posisi 0.019 m .....	II-11
2.5 <i>Sliding Mode Controller (SMC)</i> .....	II-12
2.5.1 <i>Chattering</i> .....	II-13
2.5.2 Perancangan Permukaan Luncur.....	II-14
2.5.3 Sinyal Kendali.....	II-15
2.5.4 Persamaan <i>Lyapunov</i> .....	II-15
2.6 <i>Propotional Integral Derivative (PID)</i> .....	II-16
2.6.1 Penalaan Parameter PID .....	II-17
2.6.2 Pengendali PID Metode Heuristik .....	II-17
2.7 Identifikasi Sistem .....	II-18
2.7.1 Identifikasi Respon Waktu .....	II-18
2.7.2 Kriteria Integral Menggunakan IAE .....	II-19
2.8 Program Matlab .....	II-20
 <b>BAB III METODA PENELITIAN</b>	
3.1 Alur Metode Penelitian .....	III-1
3.2 Pemodelan <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	III-3
3.3 Perancangan Sistem Tanpa Pengendali .....	III-3
3.4 Perancangan Pengendali <i>Sliding Mode</i> .....	III-3



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.5 Perancangan Pengendali <i>Sliding Mode</i> dengan Optimasi PID .....	III-6
3.6 Analisa Berdasarkan IAE.....	III-7
3.6.1 Perancangan SMC .....	III-7
3.6.2 Perancangan SMC dengan Optimasi PID.....	III-7
3.7 Analisa Kestabilan Lyapunov .....	III-8

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Gambaran Umum Pengujian.....	IV-1
4.2 Simulasi Sistem.....	IV-1
4.2.1 Simulasi <i>Magnetic Levitation Ball</i> tanpa pengendali .....	IV-1
4.2.2 Simulasi Pengendali <i>Sliding Mode</i> untuk Mencapai <i>Setpoint</i> .....	IV-3
4.2.3 Simulasi Pengendali <i>Sliding Mode</i> dengan Optimasi PID .....	IV-5
4.2.4 Simulasi Pengendali <i>Sliding Mode</i> dalam mengatasi Gangguan Sinyal Kendali .....	IV-6
4.2.5 Simulasi Pengendali <i>Sliding Mode</i> dengan Optimasi PID dalam mengatasi Gangguan Sinyal Kendali.....	IV-10
4.2.6 Pengujian Kestabilan Lyapunov .....	IV-11

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-1

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	II-3
2.2 D/A Converter .....	II-4
2.3 Power Amplifier .....	II-5
2.4 <i>Ball and Coil Subsystem</i> .....	II-5
2.5 Sensor Posisi .....	II-7
2.6 Bola Baja Sebelum Pelayangan .....	II-11
2.7 Bola Baja Setelah Pelayangan .....	II-11
2.8 Diagram <i>Trajectories Status</i> .....	II-13
2.9 <i>Chattering Effect</i> .....	II-13
2.10 Fungsi Saturasi dan ArcusTangen .....	II-14
2.11 Permukaan Luncur pada Pengendali <i>Sliding Mode</i> .....	II-15
2.12 Respon Orde Kedua .....	II-19
2.13 MATLAB R2015 .....	II-20
3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian .....	III-1
3.2 Diagram Blok Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> Tanpa Pengendali .....	III-3
3.3 Diagram Blok Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> dengan SMC .....	III-3
3.4 Diagram Blok Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> dengan SMC-PID .....	III-6
3.5 Diagram Blok Pengendali PID .....	III-7
4.1 Blok Simulink Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> Tanpa Pengendali .....	IV-2
4.2 Respon Keluaran Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> Tanpa Pengendali .....	IV-2
4.3 Hasil Data Keluaran Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	IV-3
4.4 Blok Simulink Pengendalian <i>sliding mode</i> untuk Pengendalian posisi pada Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	IV-4
4.5 Respon Keluaran Sistem dengan Pengendali <i>sliding mode</i> dalam Mencapai <i>Setpoint</i> .....	IV-4



4.6	Blok Simulink Gangguan Berupa Sinyal Step menggunakan pengendali <i>sliding mode</i> .....	IV-5
4.7	Respon Keluaran Sistem dengan Pengendali <i>sliding mode</i> dalam Mengatasi Gangguan pada detik ke 3 sampai pada detik ke 4.8.....	IV-6
4.8	Blok Simulink Pengendali <i>sliding mode</i> dengan Optimasi PID untuk pengendalian posisi pada Sistem <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	IV-8
4.9	Respon Keluaran Sistem dengan Pengendali <i>sliding mode</i> dengan Optimasi PID dalam Mencapai <i>Setpoint</i> .....	IV-8
4.10	Blok Simulink Gangguan Berupa Sinyal Step menggunakan pengendali <i>sliding mode</i> dengan Optimasi PID.....	IV-10
4.11	Respon Sistem dengan Pengendali <i>Sliding Mode</i> dengan Optimasi PID dalam Mengatasi Gangguan berupa Sinyal Step pada Detik ke 2-3.....	IV-11

Hak Cipta: Dilindungi Undang-Undang  
1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Parameter <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	II-10
2.2	Hubungan Antara Kendali P, I Dan D .....	II-17
4.1	Percobaan Nilai $\eta$ dengan Analisa IAE .....	IV-4
4.2	Percobaan PID dengan Metode Heuristik berdasarkan Analisa IAE .....	IV-5
4.3	Analisa respon sistem menggunakan pengendali SMC dengan Optimasi PID mencapai <i>Setpoint</i> . .....	IV-7

Hak Cipta Milik UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
A	Blok diagram Simulink Pengendali SMC dengan Optimasi PID menggunakan blok subsistem analisa kriteria <i>Integral of Absolute Error</i> (IAE) .....	A-1
B	Proses Penalaan Parameter Pengendali SMC dengan Metode <i>Trial and Error</i> berdasarkan Analisa IAE untuk Pengendalian Posisi pada <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	B-1
C	Proses Penalaan Parameter Pengendali PID dengan Metode Heuristik berdasarkan Analisa IAE untuk Pengendalian Posisi pada <i>Magnetic Levitation Ball</i> .....	C-1



## DAFTAR SIMBOL

*Integral*  
*Hampir sama dengan*  
*tegangan armatur (V)*  
*delta*  
*eta*  
*lamda*  
*tau*

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR SINGKATAN

SMC

*Sliding Mode Control*

PID

*Propotioanal Integral Derivative*

$e_{ss}$

*error steady state*

$t_s$

*Time Setling*

$t_r$

*Time Rise*

$t_d$

*Time Delay*

$u_{eq}$

*sinyal kendali ekivalen*

$u_N$

*sinyal kendali natural*

Hak Cipta ini dimiliki oleh UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.